

黑河流域气候变化对生态环境与 自然植被影响的诊断分析

黄朝迎

(国家气候中心, 北京 100081)

516 B

摘要 在对西北地区已往的研究基础上, 运用数理统计方法, 分析研究了黑河流域的气候变化及其对水资源和植被的影响。在自然植被变化中, 气候因素自始至终都在起作用, 下游地区沙漠化的不断发展是自然因素与人为因素综合作用的结果, 但以人为因素为主。用假设的气候变化, 即温度升高 2°C 与降水量保持不变和增加 10% 两种情况组合计算湿润 (或干燥) 指数的变化来预测未来气候变化的可能影响。未来气温升高 2°C , 而降水量不变, 河西地区干燥度将增加 0.5~1.1, 且越是干燥的地方, 干燥度增加越大; 未来气温升高 2°C , 而同时降水量增加 10%, 干燥度则基本保持不变, 即降水量增加可大致抵消由气温升高而增加的蒸发量。

关键词: 气候变化; 水资源; 人类活动; 黑河流域

1 引言

西部地区不仅是我国的资源富集区和主要农牧业生产地区, 也是我国的能源、工业原材料基地和重工业基地。但同时又是自然生态的脆弱区, 人地矛盾十分突出, 面临着一系列的生态破坏及退化问题, 诸如水土流失, 土地退化, 荒漠化加剧, 植被日益减少, 生物多样性丧失, 旱涝等自然灾害频繁且影响逐年加重等等。有关部门和单位在西部地区开展了一系列围绕生态建设的科学试验和研究, 其中包括西北地区生态气候环境监测预测方法研究。黑河流域由于具有优越的水土资源, 自古以来就成为历代君王屯垦发展农业的理想场所, 如今更是甘肃省最大的商品粮基地和农业综合开发的重点区域。然而, 由于气候变暖和资源的过度开发利用, 生态环境日趋恶化, 不仅给甘肃经济和社会的可持续发展带来了极大危害, 而且还威胁到其他省区经济和社会的可持续发展。因此, 黑河流域成为西北地区生态环境建设中的重点科学试验和研究区域之一。本研究即为配合黑河流域的气象条件和气候特征及其未来变化趋势对该地区生态环境建设的利弊影响而开展的。

2 概况

黑河流域位于我国干旱气候区, 降水少、蒸发大 (太阳辐射强烈、热量资源丰富)

2002-09-15 收到, 2002-10-20 收到修改稿

富), 气候极端干旱, 戈壁和沙漠遍布。该流域植被非常稀疏, 其结构简单, 种类贫乏, 具有典型的荒漠植被特征。荒漠植被主要由超旱生灌丛、半灌木砾质荒漠和超旱生灌木沙质荒漠组成, 其组成成分主要有珍珠猪毛菜、尖叶盐爪爪、合头草、红砂、泡泡刺、膜果麻黄等。沙漠区的主要植被是以多种白刺和多种怪柳(红柳)为主组成的群落。

然而, 黑河流域由于丰富的光热资源(太阳辐射量 $5\,861\sim 6\,615\text{ MJ m}^{-2}\text{ a}^{-1}$, 年日照时数 $2\,800\sim 3\,000\text{ h}$)、广博的土地(面积 27.41 万 km^2 , 占全省 60%)和良好的灌溉系统(冰川水、地表水、地下水), 每年可以提供全省 70% 的商品粮。

黑河流域年降水量在 200 mm 以下, 形成无灌溉就没有农业的状况。与干旱气候相应, 境内分布有较大面积的沙漠。目前全省沙漠及沙漠化土地面积 305.86 万 hm^2 , 其中约有 131.52 万 hm^2 属人类历史时期形成的。由于水土资源利用不当, 风沙危害及沙化情况相当严重。玉门市北部的沙线近 20 年来南移了 10 km , 沙化土地面积达 0.87 万 hm^2 , 平均每年沙化 433.3 hm^2 。民勤县建国初期有耕地 6.13 万 hm^2 , 近年来由于风沙侵袭, 干旱缺水, 使绿洲退化 4.9 万 hm^2 , 耕地缩减到 4 万 hm^2 , 草场沙化 33.3 多万 hm^2 。

由于近 10 年生态环境恶化以及强冷空气南下在这一地区引起的“狭管效应”, 使得这里已经成为目前中国北方强度最大的沙尘暴策源地之一。

包括黑河流域在内的整个河西地区水资源总量为 78.35 亿 m^3 ^[1], 开发利用程度极不平衡, 部分地区利用率已达 96% 以上。开发利用过度, 造成地下水位迅速下降, 下游泉水枯竭, 土地沙化。加上本区北部濒临沙漠, $1\,700\text{ 多 km}$ 的风沙线, 每年向东或向东南移动 $1\sim 2\text{ m}$, 甚至有 $4\sim 5\text{ m}$ 或更快的地方。天然草场退化严重。据统计, 河西沙区有 14.37 万 hm^2 农田遭受程度不同的风沙危害, 占河西耕地的 14% 以上。据甘肃省环保专家估算, 甘肃省河西走廊、巴丹吉林等 5 个重点沙化区, 每年受风沙危害损失约为 2.9 亿元, 沙化给全省国民生产总值造成约 4.09% 的损失^[2]。

3 近 40 年气候变化

受全球气候变暖的影响, 黑河地区近 40 多年来气温是逐渐升高的(见图 1), 其升温率远远大于北半球的平均升温率。但各地升温率有很大差别, 从 20 世纪 60 年代到 90 年代额济纳气温升高了 1.6°C , 张掖和鼎新分别升高了 0.9°C 和 1.1°C , 而海拔较高的祁连只升高了 0.4°C (见表 1)。可见, 在该地区某一海拔高度范围内, 海拔越高, 气温越低, 升温率越小。降水量近 40 多年来总趋势是增加的(见图 2), 从 20 世纪 60 年代到 90 年代, 祁连、张掖、鼎新、额济纳平均年降水量分别增加了 15.6% 、 14.2% 、 2.0% 、 22.6% (见表 2)。而且海拔越高, 降水量越多, 增量越大。海拔最高的祁连($2\,787\text{ m}$), 年降水量达 359.4 mm , 多的年份(1998 年)则达 573.1 mm , 80 年代平均降水量比 60 年代多 124.2 mm , 比 70 年代多 90.6 mm , 其增量分别相当于常年值的 35% 和 25% ; 90 年代降水量虽比 80 年代减少, 但仍比 60 年代和 70 年代有所增加。海拔最低的额济纳(941 m), 年降水量只有 35.2 mm , 多的年份(1969 年)也只有 100.8 mm 。从 20 世纪 60 年代到 90 年代, 以 80 年代降水最少, 只有 23.5 mm ,

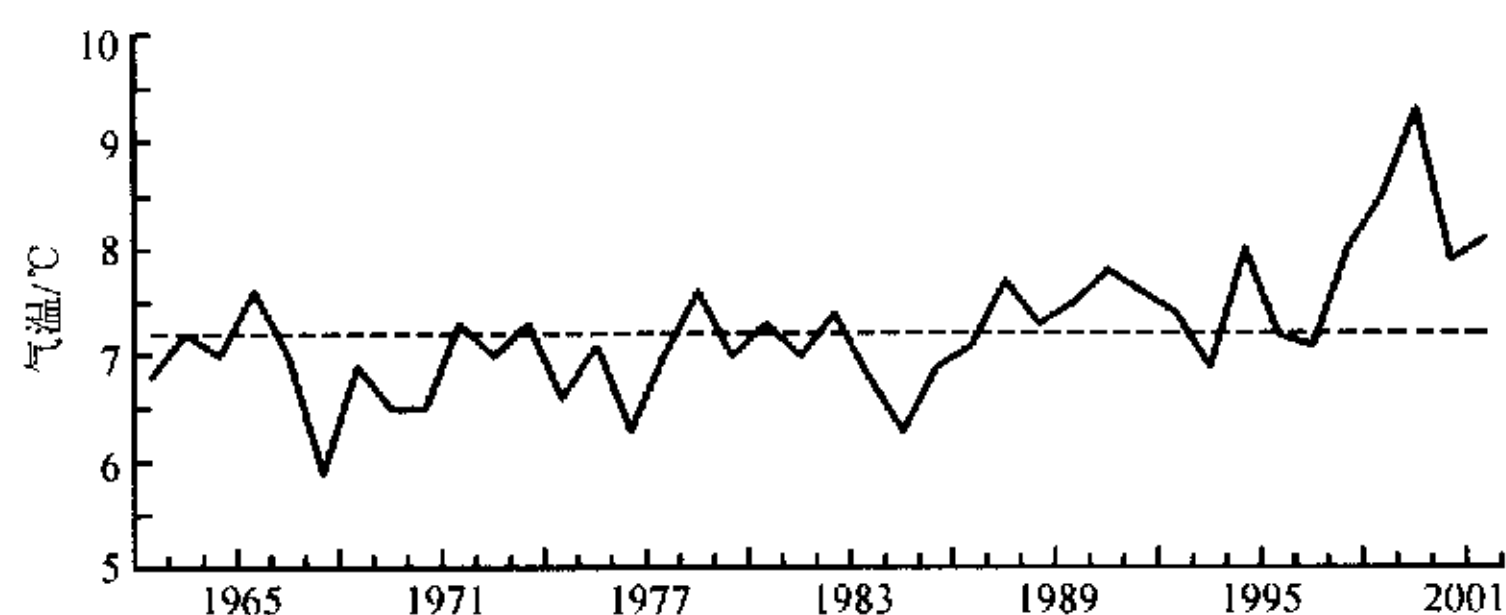


图1 张掖历年气温变化曲线

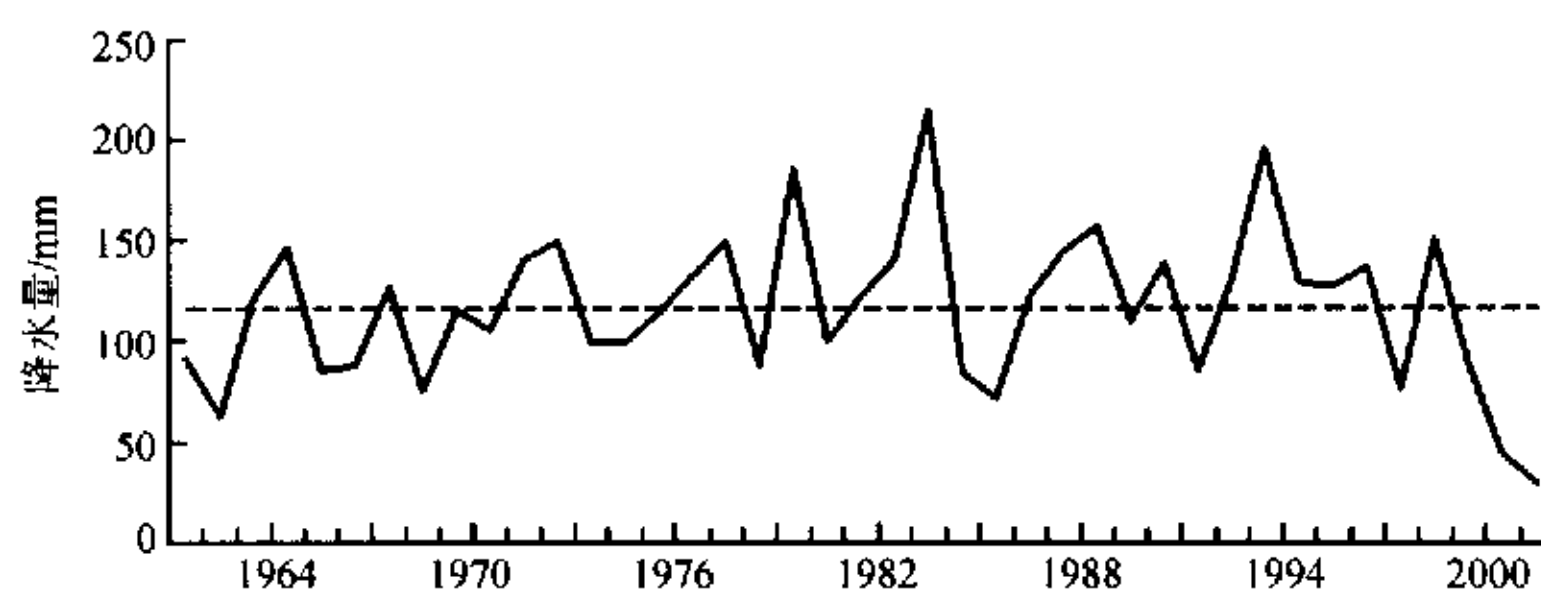


图2 张掖历年降水变化曲线

其减量相当于常年值的 36% ~ 38%; 90 年代降水量最多, 只比 60 年代多 8.4 mm, 但其增量却相当于常年值的 23%。

以上分析表明, 在黑河地区, 海拔越高, 降水越多, 气温越低, 蒸发越小, 气候越湿润; 海拔越低, 降水越少, 气温越高, 蒸发也随之增加, 气候越发干燥。因而, 气候变化的影响也随海拔高度的升高而减弱, 比如气温, 从 20 世纪 60 年代到 90 年代, 海拔低的额济纳升高了 1.6℃, 而海拔高的祁连却只升高了 0.4℃。

表1 黑河地区各年代气温 ℃

年 代	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000
祁 连	0.6	0.8	0.8	1.0
张 掖	6.9	7.1	7.2	7.8
鼎 新	7.8	8.1	8.3	8.9
额 济 纳	8.0	8.5	8.8	9.6

表2 黑河地区各年代降水量 mm

年 代	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000
祁 连	318.5	352.1	442.7	368.1
张 掖	101.9	125.4	130.2	116.4
鼎 新	51.5	48.2	54.0	52.5
额 济 纳	37.2	36.0	23.5	45.6

4 流量与植被的变化

该区近 40 多年来的气候变化有利于山区水分的增加。据分析,河西内陆河流量与祁连山区降水量存在较好的关系,其中黑河流量与祁连降水量有着极为密切的关系,其相关系数超过了 99.9% 的信度(见表 3)。

表 3 汛期河西内陆河流量与祁连山区降水量的相关系数^[3]

气象站	托勒	祁连	门源	刚察	酒泉
疏勒河	0.591	0.194	0.301	0.363	0.397
黑河	0.439	0.503	0.423	0.408	0.401
石羊河	0.254	0.273	0.344	0.011	-0.258

注: $r_{0.1}=0.24$, $r_{0.05}=0.28$, $r_{0.01}=0.37$, $r_{0.001}=0.46$

由于祁连山区降水量近 30 年来趋于增加,黑河出山流量也趋于增加(见图 3)。若以平均每年增加 $0.092 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 计算,每年总流量增加 290 万 m^3 。不但年平均流量趋于增加,全年各月平均流量均趋于增加。20 世纪 80 年代后期以来递增最为显著,平均比 70 年代和 60 年代分别增加 20% 和 15.7%^[4]。

这里近 10 年来自然环境恶化,黑河断流,主要是由于对水资源的过量开发利用,致使人、水、地等资源配置矛盾日益突显出来。从表 4 可以看出,流域下游水文过程与上游截然不同,所有河流流量均呈递减趋势。随着地表水减少,地下水位明显下降,如民乐县,部分地区近 10 年下降了 5~9 m。额济纳等地干旱化使蒸发力增加,也是沙区来水量减少,黑河断流的原因之一。

随水量的不断减少,生态环境不断恶化,植被也在发生变化。流域内祁连山地林区 20 世纪 90 年代初森林面积仅存约 $6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$,与建国初期相比,减少约 16.5%;森林带下限由 1 900 m 退缩到 2 300 m,覆盖率由 50 年代初的 22.4% 下降到 90 年代初的 12.4%。与此同时,流域下游,由于河流来水减少,天然荒漠林退化十分严重。1958~1982 年,三角洲区沿河胡杨、沙枣和怪柳林面积减少了 $5.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年均减少 $0.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。进入 80 年代以来,减速不断上升,至 1994 年,减少了 $19.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年递减 $1.374 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

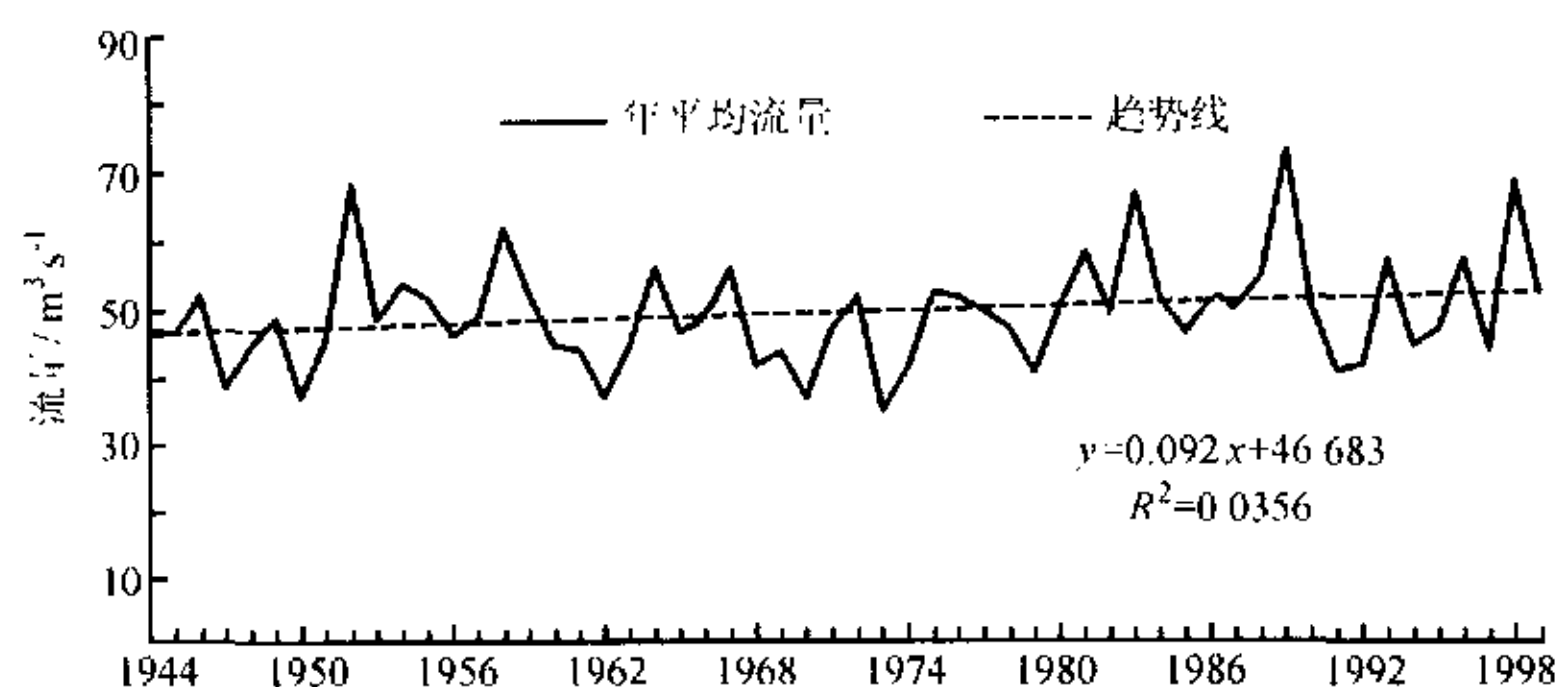
表 4 黑河流域下游河流流量变化^[4]

10^8 m^3

时期(20 世纪)	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
石羊河(红崖山)	5.73	4.45	3.22	2.4	1.3
黑河(正义峡站)	11.9	10.4	10.9	9.38	6.91
疏勒河(潘家庄站)	3.05	2.92	2.44	2.14	2.09

由于区域农垦发展和牲畜数量的不断增加(牲畜超载率达 80% 以上),自 50 年代以来,草地呈现以面积减少、产草量下降、草地荒漠化和载畜能力降低等为特征的持续退化趋势。黑河流域总体退化草地面积约为 47%,中上游地区退化草地总面积已达可利用草地面积的 52%,大片沼泽草甸面积锐减或消失。

流域下游地区植物种类、密度、盖度和产量相应地不断锐减。如额济纳旗,自 80 年代初以来,植被覆盖度 $>70\%$ 的林灌草甸草地减少了 78.26%,覆盖度 30%~70%

图3 黑河出山(喀洛峡站)流量演变曲线(单位: $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

y 为趋势流量, x 为实际流量, R 为相关系数

的湖盆、低地盐生、沼泽草甸草地以及产量较高的 4、5 级草地减少了约 40.45%, 草地总面积也减少了近 50.5%; 相反, 覆盖度 30%~10% 和 <10% 的戈壁、沙漠面积却扩大了 67.63%, 草地的递减速度每年接近 $1\,733 \text{ hm}^2$ 。

根据谢良尼诺夫湿润度公式, 假若未来气温升高 2°C , 而降水量不变, 河西地区湿润度将趋于减小, 干燥度将增加 0.5~1.1, 且越是干燥的地方, 干燥度增加越大; 未来气温升高 2°C , 而同时降水量增加 10%, 干燥度则基本保持不变, 即降水量增加可大致抵消由气温升高而增加的蒸发(见表 5)。

表5 不同气候情景下河西地区湿润度变化

站名	当前湿润度	气温升高 2°C 降水量不变湿润度	气温升高 2°C 降水量增加 10% 湿润度
武威	0.27 (3.6)	0.24 (4.1)	0.27 (3.6)
张掖	0.24 (4.2)	0.21 (4.7)	0.24 (4.2)
酒泉	0.15 (6.8)	0.13 (7.6)	0.14 (7.1)
玉门	0.09 (10.5)	0.08 (11.6)	0.09 (10.5)

注: 括号内数字为干燥度

若以湿润度 0.05~0.24 为特干旱荒漠区, 0.25~0.49 为干旱荒漠草原区, 0.50~0.67 为半干旱草原区, 那么, 在气温升高降水量不变的情景下, 武威将由目前的干旱荒漠草原区变成特干旱荒漠区。

表 6 是该地区的植被垂直带谱。可以看出, 这里植被垂直带谱的分布主要是由温度及降水垂直变化引起的, 气候明显变暖, 必然引起植被垂直带谱的相应上移。张掖 ($38^\circ56'\text{N}$, $100^\circ26'\text{E}$) 和祁连 ($38^\circ11'\text{N}$, $100^\circ15'\text{E}$) 纬度、经度相近, 两地温差主要是由海拔高度不同引起的。根据实测气温估算, 海拔高度每改变 100 m, 气温可改变 0.5°C 。按此变率推算, 气温变化 1.0°C , 相应的海拔高度要改变 200 m。荒漠、山地草原、山地森林草原、亚高山灌丛草甸都要相应地向上移动 200 m, 而高山冰雪的范围则要相应地向上退缩。

沿祁连山北麓海拔 1 900~2 300 m 的温凉半干旱地带, 习惯称为“冷凉灌区”, 是河西春小麦最佳种植地带。2 500~2 700 m, 大致是浅山温凉半干旱草原带与中山温寒半湿润森林草原带的分界线, 到此高度热量已不能满足春小麦正常成熟的需求, 但有利于林草生长。气候变暖可使春小麦的种植地带扩大。

表 6 河西地区植被垂直带谱

海拔高度/m	1500~1800	180~2700	2700~3300	3300~3900	3900 以上
东祁连山北坡	荒漠	山地草原	山地森林草原	亚高山灌丛草甸	高山冰雪稀疏植被
西祁连山、东阿尔金山北坡	荒漠	山地草原	高寒草原	高山亚冰雪稀疏植被	

最后需要指出的是，历史的经验值得注意。据研究^[5]，在我国干旱、半干旱地区近 520 年来曾发生 8 次特大旱灾，且大都出现在百年尺度旱灾高频期（即干期）。例如：1484~1486 年特大旱，出现在 1480~1520 年旱灾高频期；1582~1591 年特大旱和 1630~1641 年特大旱出现在 1580~1640 年旱灾高频期；1928~1929 年特大旱出现在 1900~1940 年旱灾高频期中。从百年尺度气候波动的变化来看，在经历了 1930~1960 年的多雨期以后，70 年代以来正在进入一个新的百年尺度的干期，尤其在华北和西北地区东部，这一时期旱灾频率已开始增加，加上气候状态可能不稳定的影响，未来旱灾频率可能较高。另外，这些特大旱灾常常是在长达数年的干旱条件下产生的。1999 年以来本地区降水开始明显减少（见图 2），同时气温明显上升（见图 1），干旱趋于加重，有利于沙漠化的发展。最近两年风沙天气频率增加、强度加大，也与气候干旱不无关系。因此，要特别注意可能发生的特大旱灾。

5 小结

（1）黑河流域植被变化主要表现为绿洲与沙漠之间的相互转化，而绿洲与沙漠之间相互转化的纽带则是水。该地区的天然水主要来自山区降水和冰雪融水补给，因而在自然植被变化中，气候因素自始至终都在起作用。

（2）黑河流域上、中、下游植被变化是不同的。上游气候变暖变湿，植被退化主要是由于滥砍滥伐造成的；中游是粮棉油生产基地即人工绿洲区，但没有水便没有农业；下游因中游过度开发利用水资源发展人工绿洲，致使下游来水减少以致枯竭，生态环境恶化，植被减少，天然绿洲衰退。因此，如何使人工绿洲与天然绿洲协调发展关系到该地区的生态环境建设和经济的可持续发展。

（3）假若未来气温升高 2℃，而降水量不变，河西地区干燥度将增加 0.5~1.1，且越是干燥的地方，干燥度增加越大，武威将由目前的干旱荒漠草原区变为特干旱荒漠区。未来气温升高 2℃，而同时降水量增加 10%，干燥度则基本保持不变，即降水量增加可大致抵消由气温升高而增加的蒸发量。

（4）近年来沙尘天气频繁发生与该地区自 1999 年以来持续少雨干旱不无关系，而且历史上曾多次发生由持续少雨干旱而演变成的特大干旱，应警惕特大干旱给生态环境带来的更大破坏性灾难。

参 考 文 献

- 1 张志强 孙成权 王学定等，甘肃省生态建设与大农业可持续发展研究，中国环境科学出版社，2001。
- 2 李周明，河西走廊成沙尘暴策源地，文汇报，2002，3，9。
- 3 冯建英、李栋梁，甘肃省河西内陆河流量长期变化的特征，气候与环境研究，2001，6（4），478~484。

- 4 王根绪 程国栋 沈水平, 近 50 年来河西走廊区域生态环境变化特征与综合防治对策, 自然资源学报, 2002, 17 (1), 78~86.
- 5 徐国昌等, 中国干旱半干旱区气候变化, 北京: 气象出版社, 1997.

A Diagnostic Analysis for the Impact of Climate Change on Ecolo-Environment and Natural Vegetation in the Heihe River Valley

Huang Chaoying

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract The climate change and its impact on the water resources and vegetation in Heihe valley are studied using statistical method. The study shows that climate plays a role in natural vegetation change, and desertification is caused by natural and man-made factors, but the later one is main in the lower in recent 20 years. Potential impact of climate change is forecasted in the future using hypothetical climate change. The dry index would increase by 0.5~1.1 if temperature increase by 2℃ and precipitation unchange; the dry index would unchange if temperature increase by 2℃ and precipitation increase by 10%.

Key words: climate change; water resources; human activity; Heihe valley